DOI:10.17308/978-5-9273-3693-7-2023-326-328

# ИДЕНТИФИКАЦИЯ ЗОН ПОДТОПЛЕНИЯ В ЛАНДШАФТАХ ТОМСКОГО ПРИОБЬЯ НА БАЗЕ ГИС И МАТЕРИАЛОВ АЭРОФОТОСЪЕМОК

# IDENTIFICATION OF GROUNDWATER LEVEL RISE ZONES IN LANDSCAPES OF THE OB RIVER IN THE TOMSK REGION BASED ON THE GIS AND AERIAL PHOTOGRAPHY

**Чекина А.А., Хромых В.В.**
Chekina A.A., Khromykh V.V.

e-mail: chekina.ann@gmail.com
Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск Россия
National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia

***Аннотация.*** *В настоящей работе описан процесс геоинформационного картографирования зон подтопления в населенных пунктах, расположенных на берегах реки Обь в Томской области. В качестве основного источника данных выступили материалы аэрофотосъемки и цифровая модель рельефа (ЦМР). Рассмотрена взаимосвязь рельефа с гидрологическим режимом территории и их влияние на функционирование ландшафтов.*

***Abstract.*** *In this article, the process of GIS-mapping of groundwater level rise zones is proposed. The study area is the Ob River valley in the Tomsk region. The main data source for GIS-mapping is aerial photography and digital elevation model (DEM). The correlation between the relief and the hydrological regime of the territory and their influence on the functioning of landscapes is considered.*

***Ключевые слова:*** *зоны затопления и подтопления, ландшафты, геоинформационное картографирование, ЦМР, ЦММ, ДДЗ, БПЛА.*

***Keywords:*** *flood zones and groundwater level rise zones, landscapes, GIS-mapping, DEM, DTM, RSD, UAV.*

Пойменные ландшафты в долинах крупных сибирских рек имеют большое сельскохозяйственное значение для региона. Поскольку территория Томской области расположена, в основном, в широтах, где сельскохозяйственное производство затруднено в силу специфических природно-экономических условий, особое внимание здесь уделяется интенсивному освоению пойменных земель реки Обь [4]. Ввиду определенных природных условий, характерных для долины Оби, пойменные ландшафты испытывают ряд динамических преобразований. Одной из причин таких ландшафтных изменений служит повышение уровня поверхностных и грунтовых вод в период таяния снега весной.

Весеннее половодье на Оби в Томском регионе характеризуется высокой водностью, подъем уровней которого, в среднем, достигает от 5 до 9 м над отметками зимней межени. Наличие широкой поймы (местами более 30 км), незначительные уклоны пойменно-руслового комплекса (3-4 см/км) и слабая расчлененность рельефа обеспечивают высокую продолжительность затопления – от 60 до 100 суток и более [2, 3]. Еще один фактор, который способствует продолжительному стоянию высоких уровней воды на территории района, – гидравлическая связь подземных вод с рекой в половодье. В пойме Оби, в прирусловой части наибольшая глубина залегания уровня грунтовых вод варьируется от 1 м до 5 м, в центральной пойме она достигает от 0,5 м до 3 м, в притеррасной – от 0 м до 2 м [6]. При таком залегании грунтовых вод происходит процесс берегового регулирования стока с подтоплением верхних горизонтов почвогрунтов, что приводит к общему повышению уровня грунтовых вод в речной долине. В результате этого ухудшаются условия стока с водосборов, происходит их переобводнение и агрессивное развитие болот. Кроме пойменных участков, подтопления проявляются также на террасах, а именно – на болотах, окраинах озер, в заболоченных лесах и западинах, занятых луговой растительностью.

Важно отметить, что на территориях с перечисленными условиями располагается около 40 населенных пунктов, селитебные ландшафты и инфраструктура которых подвержены риску подтопления. Согласно определению [1], *риск подтопления* – это мера опасности подтопления, сочетающая его опасность и последствия в виде того или иного ущерба. В зависимости от вида ущерба риск может носить физический, социальный, экологический и экономический характер. Таким образом, выявление зон подтопления на сегодняшний день является актуальной задачей.

В настоящее время решить вопрос моделирования потенциальных районов подтопления можно при помощи геоинформационных технологий и данных дистанционного зондирования Земли (ДДЗ). В рамках проекта по созданию геоинформационной системы мониторинга и прогнозирования состояния природных ресурсов Томской области [9] было выполнено геоинформационное картографирование потенциальных зон затопления и подтопления для населенных пунктов Томского Приобья. В основу картографирования легли полевые исследования, съемка с БПЛА и обработка фотоматериалов (построение ортофотопланов с разрешением 0,04-0,05 м), построение цифровых моделей местности (ЦММ) и их преобразование в гидрологически корректные цифровые модели рельефа (ЦМР), дешифрирование аэрофотосъемки, ландшафтный и гидролого-геоморфологический анализ, расчеты максимальных уровней воды разной процентной обеспеченности, выполненные сотрудниками кафедры гидрологии ТГУ.

Важным источником данных для идентификации зон подтопления выступает гидрологически корректная ЦМР высокого пространственного разрешения (0,15-0,5 м). Гидрологически корректная

ЦМР представляет собой такую модель рельефа, на которой смоделированные водотоки совпадают с реальными, а также отсутствуют фиктивные точки стока [7] и так называемые артефакты, т.е. объекты, не относящиеся к земной поверхности (растительность, здания и т.д.). Несмотря на наличие качественных ортофотопланов, необходимых для визуального дешифрирования участков подтопления, удовлетворить потребность в достоверности их идентификации может именно ЦМР. Это объясняется тем, пойменный рельеф оказывает непосредственное влияние на гидрологический режим территории и является индикатором процессов, связанных с деятельностью поверхностных и подземных вод. Так, связь особенностей пойменного рельефа и характера затоплений проявляется в поёмности территории, т.е. в затоплении ее водой в половодье. Для пойм крупных рек характерно наличие нескольких поверхностей разного уровня, которые по отношению к урезу реки называются «высотными уровнями поёмности» [6]. В пойме Оби в Томской области выделены четыре высотных уровня поёмности: исключительно долгопоёмный, долгопоёмный, среднепоёмный и краткопоёмный. Этим уровням соответствуют определенные затапливаемые формы рельефа: например, к долгопоёмному высотному уровню на Оби принадлежат в основном низкие прирусловые валы, гривы и присклоновые низины, продолжительность затопления которых варьируется от 40 до 65 дней и т.д. [4].

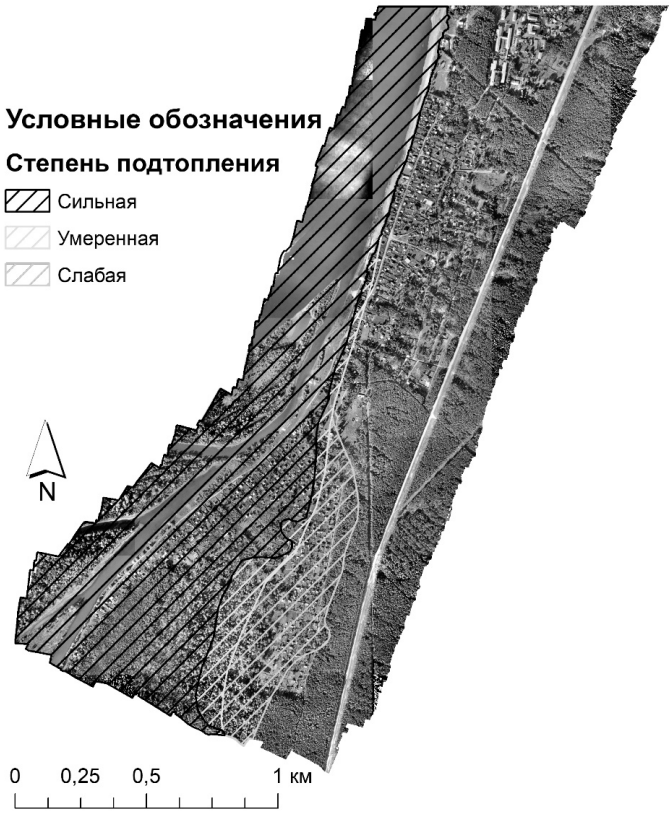


*Рис. 1. Карта степени подтопления урочищ в деревне Оськино*

Созданию ЦМР предшествовало построение ЦММ в результате фотограмметрической обработки аэрофотосъемки. На этапе обработки плотного облака точек была выполнена его классификация по классу «Земля» в программе Agisoft Metashape Professional (ГК «Геоскан») с целью минимизировать количество артефактов на будущей растровой модели. Для того, чтобы получилась корректная матрица высот, в программе ArcGIS (ESRI Inc.) с помощью модуля Spatial Analyst (инструмент «Contour» – «Изолинии») были построены векторные изолинии по полученной ранее ЦММ. Далее была выполнена ручная коррекция изолиний через таблицу атрибутов и визуально – изолинии незначительных размеров и изолинии, отображающие не относящиеся к рельефу объекты, были удалены. После всех преобразований адаптированные векторные изолинии были использованы в качестве входных данных для интерполяции с использованием функции «Topo to Raster», в основе которой лежит метод Хатчисона [8]. Выбор данного метода обусловлен тем, что он в большей мере удовлетворяет требованиям для решения разного рода гидрологических задач и в отличие от многих других методов интерполяции был разработан специально для моделирования гидрологически корректных поверхностей.

С помощью полученных ЦМР, ортофотопланов и данных полевых исследований были построены карты ключевых участков типологического уровня урочищ и местностей. Затем было выполнено картографирование зон подтопления с учетом морфометрического анализа выделенных ландшафтов (расчет средних уклонов и абсолютных высот для каждого урочища) и на основе дешифрирования

аэрофотоснимков (ландшафтная индикация). В результате проведенных работ были построены карты зон подтоплений (рис. 1), степень которых определяется *сильным подтоплением* (глубина залегания грунтовых вод менее 0,3 м), *умеренным подтоплением* (0,3-2 м) и *слабым подтоплением* (2-3 м) [5]. Верификация полученных зон подтопления проводилась с использованием крупномасштабных топографических карт, на которых выделены соответствующие элементы ландшафтов (например, залесенное болото, заболоченные заросли кустарников и др.), и полевых наблюдений.

Позиционирование ключевых участков отмечается вдоль всей долины Оби в Томской области, в связи с чем по зонам подтопления наблюдаются региональные различия, в большей мере связанные с рельефом различных частей поймы. Рельеф прирусловых частей поймы более дифференцированный, причем на севере он более сглажен. На юге поймы Оби (Кожевниковский район) подзоны умеренного и слабого подтопления (прирусловая пойма) занимают около 17% территории, постепенно уменьшаясь к северу, и в Александровском районе зоны слабого и умеренного подтопления захватывают не более 10% территории.

Результаты картографирования зон подтопления для 40 населенных пунктов опубликованы на Геопортале Томской области в приложении «Паводок», которое обеспечивает оперативный доступ сотрудникам МЧС к картографическим материалам, 3D-моделям с зонами затоплений и данными о домах в зонах риска. Стоит отметить, что с помощью карт опасности подтопления можно производить оценку уровня риска и ущерба от подтопления территории, а также разрабатывать мероприятия по инженерной защите от подтопления с оценкой их стоимости [1].

***Благодарности.*** *Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-35-90085.*

## Литература

1. ГОСТ Р 22.8.09–2014. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Требования к расчету уровня безопасности, риска и ущерба от подтопления градопромышленных территорий : национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 21 октября 2014 г. № 1363-ст : введен впервые : дата введения 2014-10-21 / разработан ОАО «НИИ ВОДГЕО», ЗАО «ДАР/ВОДГЕО», ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ). – Москва : Стандартинформ, 2015. – II, 38 с. – 35 экз. – Текст : непосредственный.
2. Земцов А.А. География Томской области / А.А. Земцов. – Томск: Издательство Томского университета, 1988. – 246 с.
3. Ландшафты болот Томской области / [под ред. Н.С. Евсеевой]. – Томск: Издательство НТЛ, 2012. – 400 с.
4. Огородников А.В., Огурцова Т.М., Хромых В.С. Типология земель Кожевниковского участка поймы реки Оби // Вопросы географии Сибири. – 1997. – вып. 22. – С. 174-181.
5. Хромых В.В. Опыт геоинформационного картографирования потенциальных зон затопления и подтопления в ландшафтах населенных пунктов в долине Оби на основе съемок с БПЛА / В.В. Хромых, О.В. Хромых // Четвертые ландшафтно-экологические чтения, посвященные Г.Е. Гришанкову: материалы международной научно-практической конференции. – Симферополь, 2020. – С. 214-219.
6. Хромых В.С. Структура и качественная оценка ландшафтов поймы Средней Оби (в границах Томской области): дисс. … канд. геогр. наук / В.С. Хромых. – Новосиб., 1975. – 230 с.
7. Яковченко С.Г. Создание геоинформационных систем в инженерной гидрологии : дисс. на соискание ученой степени докт. техн. Наук / С.Г. Яковченко. – Барнаул, 2007. – 406 с.
8. Hutchinson M.F. A new procedure for gridding elevation and stream line data with automatic removal of spurious pits // Journal of Hydrology, 1989. – 106. – pp. 211-232.
9. Khromykh V., Khromykh O., Nakayama D. Experience of GIS modeling of extreme floods on Siberian rivers // Ukrainian Journal of Ecology. – 2021. – № 11 (1). – pp. 368-372.